



Forskning och
Utveckling

FOU 2001:53

KORROSIONSMÄTNINGAR I PEX-SYSTEM I LANDSKRONA OCH ENKÖPING

Anders Thorén, COROMAT AB

KORROSIONSMÄTNINGAR I PEX-SYSTEM I LANDSKRONA OCH ENKÖPING

Anders Thorén, COROMAT AB

I rapportserien publicerar projektledaren resultaten från sitt projekt. Publiceringen innebär inte att Svenska Fjärrvärmeföreningens Service AB tagit ställning till slutsatserna och resultaten.

Korrosionsmätningar i PEX-system i Landskrona och Enköping.

Innehållsförteckning

1	Sammanfattning	2
2	Summary	3
3	Inledning	4
4	Om korrosion i hetvattensystem	4
5	Mätningar	6
6	Resultat	6
7	Diskussion	8
8	Slutsatser	9

Bilaga 1 Exponering av korrosionskuponger

Bilaga 2 Korrosionsmätsond

1 Sammanfattning

För att undersöka syrediffusion och korrosion i fjärrvärmenät med diffusionsspärrade PEX-rör har korrosionsmätningar utförts vid nät i Enköping och Landskrona.

Mätningar har utförts med korrosionskuponger och korrosionsmätsonder.

För att studera om ev åldring sker hos diffusionsspärren i PEX-rören har mätningarna i Enköpingsnätet förlängts till sammanlagt tre år.

Av mätningarna har framgått att korrosionshastigheterna i båda näten är låga, 2,3 $\mu\text{m}/\text{år}$ eller därunder. Dessa värden är i nivå med de korrosionshastigheter som normalt förekommer i fjärrvärmenät helt utförda med stålrör.

Ingen ökning av korrosionshastigheten har kunnat observeras och inget antyder således att diffusionsspärren har försämrats under de tre årens mätningar.

Med reservation för att åldring och försämring av diffusionsspärren kan komma att ske i framtiden synes syretillförseln via PEX-rören vara så låg att den har en försumbar inverkan på korrosionshastigheten i näten.

2 Summary

Corrosion measurements have been carried out in two district heating systems for the purpose of determining the extent of oxygen diffusion through PEX-pipes (crosslinked polyethylen).

Corrosion measurements have been carried out with corrosion coupons and corrosion monitoring probes.

In order to find out if the oxygen diffusion barrier deteriorates with time the measurements were continued for three years in one of the systems.

The measurements show that the corrosion rates are low, 2,3 $\mu\text{m}/\text{year}$ (0,09 mpy) or lower. These rates are in the same region as those obtained in district heating systems entirely built with steel piping.

No increase in corrosion rates over time has been observed. Thus, there is no indication of deterioration of the oxygen diffusion barrier during the three-year period.

Assumed no deterioration of the oxygen diffusion barrier will occur in the future, the flow of oxygen through the PEX-piping is so low that it has a negligible effect on the corrosion rate in the system.

3 Inledning

I syfte att utvärdera omfattning av syreinläckage och därmed korrosion i fjärrvärmesystem med diffusionsspärrade PEX-rör har mätningar genomförts i två nybyggda nät i Landskrona (Häljarp) och Enköping. Landskronanätet är ett separat nät med en mindre panncentral. Enköpingsnätet är ett sekundärnät till fjärrvärmenätet.

Båda näten har slutna expansionskärl. Landskronanätet spädmatas med avhärdat och oavgasat vatten, medan Enköpingsnätet spädmatas från fjärrvärmenätet. Inget av näten är doserat med tillsatsmedel. I båda näten ligger framledningstemperaturen i området 65 till 75 °C och returtemperaturen i området 30 till 35 °C.

4 Om korrosion i hetvattensystem

Korrosionen i fjärrvärmenät är normalt mycket begränsad. Om vattnet har ett alkaliskt pH-värde och är syrefritt blir korrosionen av försumbar omfattning och istället bildas en skyddande magnetitfilm på ståltyterna.

För pH-värdet brukar området 9,5 till 10 rekommenderas. För syrehalten brukar halter < 10 µg/kg (ppb) anges. Under dessa betingelser är magnetiten (Fe_3O_4) stabil och bildar en skyddande film som förhindrar korrosionsangrepp på den underliggande metallen. Magnetiten är stabil med rekommenderade värden på pH-värde och syrehalt även om salt-halten i vattnet är hög.

Om syrehalten överstiger de rekommenderade värdena inträffar korrosion. Korrosionsangreppen kan ske antingen som allmän korrosion eller lokal korrosion.

I det förra fallet angrips hela ståltytan med mer eller mindre jämn avfrätning. Risken för genomfrätning och läckage är liten. Däremot bildas ofta stora mängder slam av korrosionsprodukter vilket medför beläggningar på värmeöverförande ytor och andra driftstörningar.

I det senare fallet är angreppet lokaliserat till en liten del av ytan i form av sk punkt- eller spaltkorrosion. I detta fall är risken stor för att genomfrätning och läckage inträffar efter relativt kort tid.

Avgörande för vilken av korrosionstyperna som sker är bl a om det finns någon tillräckligt tät magnetitfilm när angreppet startar, dvs då syrehalten ökar. Om syrehalten är hög redan från början, t ex då ett fjärrvärmenät tas i drift, kan man förvänta sig allmän korrosion. Därvid bildas ingen tät magnetitfilm istället är hela ståltytan tillgänglig för angrepp. Detta är fallet i nät med PEX-rör av äldre typ utan diffusionsspärr. I dessa nät har syretillförsel skett från begynnelsen och någon skyddande magnetitfilm har aldrig bildats. I denna typ av nät har slambildning varit ett större problem än genomfrätning eftersom korrosionen varit allmän och inte lokal.

Om en tät magnetitfilm finns närvarande då syretillförsel sker är däremot risken stor att korrosionen sker i form av lokala angrepp. Mekanismen för ett lokalt angrepp är att det initieras i magnetitfilmens svagaste punkter, dvs där det finns defekter i den i övrigt täta magnetitfilmen. När angreppet väl har startat medför mekanismen att angreppet fortsätter i samma punkt. Detta kan vara fallet i ett konventionellt fjärrvärmenät om syretillförseln ökar långt efter att nätet tagits i drift, t ex genom att syrehaltigt tappvatten tillförs nätet via läckande värmeväxlare.

Ett speciellt fall där lokal korrosion har konstaterats är i nät med PEX-rör utan diffusionsspärr där någon typ av korrosionsinhibitor använts. De flesta korrosionsinhibitorer har ett verkningssätt som innebär att en magnetitfilm byggs upp trots att syrehalten är hög. Funktionen är därför beroende av att man kontinuerligt upprätthåller en tät magnetitfilm genom att kontinuerligt ha en tillräckligt hög inhibitorhalt. Erfarenheterna visar dock att hur väl man än sköter inhibitor doseringen så är risken stor att man inte får en heltäckande magnetitfilm, t ex i de tunna spalter som finns i punktsvetsade radiatorer.

Mängden syre som tillförs nätet avgör hur mycket stål som försvinner i korrosionsangreppet. 1 g syre räcker till att avlägsna ca 3,4 g järn. Om samma mängd material fräts bort på en liten yta i ett lokalt angrepp som på hela ytan i ett allmänt korrosionsangrepp är det uppenbart att det lokala angreppet avsevärt snabbare leder till genomfrätning och läckage.

Det hävdas ibland att man kan tillåta förhöjd syrehalt om man istället ser till att hålla salthalten låg. Detta förfaringssätt tillämpas i vissa kraftverkspannor och i kärnkraftverk där möjligheter finns att kontinuerligt upprätthålla och kontrollera mycket låga salthalter. Att tillämpa samma förfaringssätt i fjärrvärmenät skulle ställa i praktiken orimliga krav på övervakning och vattenreningsutrustning. Om man inte kontinuerligt kan upprätthålla en mycket låg salthalt kan detta förfaringssätt leda till allvarliga lokala korrosionsangrepp.

Beträffande PEX-rör med diffusionsspärr inställer sig följande frågeställningar:

- Förhindrar diffusionsspärren syretillförseln så effektivt att en magnetitfilm kan byggas upp på stålytan. Om inte kan allmän korrosion och slambildning förväntas.
- Sker någon åldring hos diffusionsspärren som innebär att syretillförseln ökar med tiden. I så fall riskerar man att lokala angrepp med tiden utvecklas till genomfrätning och läckage.

Således är det lika viktigt att känna till ev åldringsbenägenhet hos diffusionsspärren, som att diffusionsspärren är effektiv från början.

5 Mätningar

Mätningar har gjorts med korrosionskuponger och korrosionsmätsonder. Korrosionskupongerna av kolstål utvärderas med avseende på viktförlust och typ av korrosionsangrepp (se bilaga 1). För det fall att flera kuponger tagits ut samtidigt från samma mätpunkt har korrosionshastigheten beräknats ur medelvärdet för kupongernas viktförluster.

Korrosionsmätsonden (bilaga 2) mäter kontinuerligt en galvanisk ström som är proportionell mot syrehalten i systemet. Mätsignalen loggas och mätvärden överförs regelbundet till PC för presentation och utvärdering.

I nätet i Landskrona har korrosionskuponger exponerats dels i en delflödeskrets i panncentralen (3 kuponger), dels vid en kund längst bort i nätet (2 kuponger) efter en längre framledning i PEX. En korrosionsmätsond monterades också i delflödeskretsen i panncentralen. Dataloggern för insamling av mätvärden från korrosionsmätsonden kopplades till modem för överföring av mätvärden till PC.

I nätet i Enköping exponerades korrosionskuponger (3 kuponger) och en korrosionsmätsond i områdescentralen. Då telelinje saknades i områdescentralen överfördes mätvärden till en bärbar PC.

Mätningarna i Landskrona inleddes 980216 och avbröts 980508 då driften av panncentralen stoppades för sommaren, varvid samtliga kuponger togs ut. Ytterligare mätningar i Landskronanätet har inte gjorts. Då nätet är i drift endast under vinterhalvåret gjordes bedömningen att fortsatta mätningar inte var meningsfulla då de inte är representativa. Genom att nätet står still under långa perioder innebär detta stor risk för felkällor i form av okontrollerat syreinläckage.

Mätningarna i Enköping inleddes 971125. En kupong togs ut 980210 efter 77 dygns exponering. Resterande kuponger togs ut 990528 efter 549 dygns exponering.

För att studera ev åldringsbenägenhet hos diffusionsspärren i PEX-rören fortsattes mätningarna i Enköpingsnätet. En ny omgång kuponger, 3 st, monterades 990528 och togs ut 001115 efter 538 dygn. Detta har medfört att Enköpingsnätet har övervakats under i det närmaste 3 år.

Vattenprov för analys togs från Landskronanätet 980216 och från Enköpingsnätet 980210.

6 Resultat

En sammanställning av samtliga korrosionskuponger framgår av tabell 1. Resultat från vattenanalyserna framgår av tabell 2.

- Enköping

Korrosionskupongen som togs ut efter 77 dygns exponering gav en korrosionshastighet av $1,2 \mu\text{m}/\text{år}$. Kupongen hade en tät och väl vidhäftande magnetitfilm, inga antydningar till lokala angrepp kunde observeras.

Korrosionskupongerna som togs ut efter 549 dygns exponering (2 kuponger) gav en korrosionshastighet av $1,6 \mu\text{m}/\text{år}$. Kupongerna hade en tät och väl vidhäftande magnetitfilm, inga antydningar till lokala angrepp kunde observeras.

Den förnyade omgången korrosionskuponger som exponerades under 538 dygn fram till 001117 gav en korrosionshastighet av $0,43 \mu\text{m}/\text{år}$. Kupongerna hade en tät och väl vidhäftande magnetitfilm. Inga antydningar till lokala angrepp kunde observeras.

Mätsignalen från korrosionsmätsonden för de första 5 månaderna, nov 97 - april 98 framgår av figur 1. Under en inledningsperiod av drygt en månad sjunker mätsignalen till under $0,5 \mu\text{A}$. Efter ytterligare en månad stabiliseras mätsignalen vid ca $0,6 \mu\text{A}$. Ett antal toppar i signalen kan hänföras till spädmatning av nätet. En mindre topp 980210 orsakades av uttaget av den första korrosionskupongen.

Mätsignalen för perioden mars 99 - maj 99 framgår av figur 2. Mätsignalen är under större delen av perioden av storleksordningen $0,2 - 0,4 \mu\text{A}$.

Under de sista tio dyggen av perioden har dock en höjning av signalnivån skett till mellan $0,5$ och $1,0 \mu\text{A}$. Denna period framgår av figur 3. Av figuren framgår hur mätsignalen från mätsonden varierar med temperaturen, vilket kan indikera att ett visst begränsat temperaturberoende syreinläckage förekommer. Vid slutet av perioden ökar mätsignalen kraftigt pga uttag av kuponger.

Två toppar i mätsignalen 990317 och 990420 har orsakats av spädmatning av nätet, varvid syrehaltigt vatten tillförs. Toppen från 990317 framgår i detalj av figur 4.

Den i och för sig sjunkande, men ändå relativt höga nivån hos mätsignalen under den inledande perioden indikerar att korrosionshastigheten varit högre i nätet under denna period. Det torde bero på att det tar tid innan den hematit (rödrost) som finns kvar sedan byggnationen har reducerats till magnetit. Vidare var spädmatningen mellan 25/11 och 10/2 ca 700 l medan den mellan 10/2 och 21/4 var 100 l. Detta innebär att ca 7 gånger mer syre tillförts via spädmatning under den första perioden i jämförelse med den senare.

Mätsignalen för perioden februari 00 - november 00 framgår av figur 5. Mätsignalen ligger under hela mätperioden, fransett några enstaka toppar, under $1 \mu\text{A}$. I början av perioden, februari och mars, har framledningstemperaturen periodvis varit hög varvid mätsignalen har varierat. I figur 6 återfinns en detalj av kurvorna under 4 dygn i mars -00. Det framgår att mätsignalen varierar med framledningstemperaturen och att en signifikant ökning sker när temperaturen överstiger 70°C . Vid en temperaturtopp uppemot 79°C når mätsignalen över $1 \mu\text{A}$.

En kraftig syresättning har skett 000419, vilket framgår i detalj av figur 7. Mätssignalen når över 22 μA , observera att skalan på y-axeln är förändrad i denna figur. I samband med återfyllning av en del av nätet som varit nedtappad pga reparation sker en syresättning av det vatten som förtränger luften. Trots att syrefritt fjärrvärmevatten används för att spädmatat nätet får man en syresatt vattenmängd vid uppfyllningspunkten. Då detta vatten kommer i cirkulation kommer det inledningsvis att uppträda som en "plugg" med syresatt vatten och ger därvid ett stort men kortvarigt utslag då "pluggen" passerar korrosionsmätssonden.

Spädmatningen i Enköpingsnätet har under den treåriga mätperioden varit 2,5 m^3 till ett nät som uppskattas ha totalvolymen 5,5 m^3 , dvs i genomsnitt 0,15 omsättningar per år.

- Landskrona

Samtliga 5 korrosionskuponger togs ut efter 81 dygn. De båda kupongerna från mätssonden vid kund gav en korrosionshastighet av 0,9 $\mu\text{m}/\text{år}$. Kupongerna hade en tät och väl vidhäftande magnetitfilm, inga antydningar till lokala korrosionsangrepp. De tre kupongerna från panncentralen gav en korrosionshastighet av 2,3 $\mu\text{m}/\text{år}$. Dessa kuponger hade små lokala angrepp.

Mätssignalen från korrosionsmätssonden framgår av figur 8. Efter en kort initialperiod om ett par dygn sjunker signalen till nivå av ca 0,3 μA , som bibehålls under i stort sett hela mätperioden. Vid månadsskiftet mars-april skedde en ombyggnad av pannan varvid vissa ledningar i panncentralen tömdes vilket orsakat de kraftiga topparna.

7 Diskussion

Mätningarna i båda näten visar att korrosionen är av mycket begränsad omfattning. De uppmätta korrosionshastigheterna är i nivå med vad som normalt uppmäts i väl fungerande konventionella fjärrvärmenät med stålrör. De uppmätta korrosionshastigheterna skall ställas i relation till att korrosionshastigheter upp till 10 $\mu\text{m}/\text{år}$ normalt betraktas som godtagbara.

Den nära tre år långa mätperioden i Enköpingsnätet visar att korrosionshastigheten varit tämligen oförändrad under hela tiden. Inga antydningar till försämring av diffusionsspärrens funktion pga åldring har observerats.

Den något förhöjda korrosionshastigheten som uppmäts på kupongerna från panncentralen i Landskrona torde orsakats av att kupongerna exponerats för syrehaltigt vatten under några dygn i samband med ombyggnad av pannan. Förekomsten av de små lokala angreppen indikerar också att kupongerna exponerats för relativt kraftigt förhöjda syrehalter.

De uppmätta nivåerna på signalen från korrosionsmätsonderna i de båda näten ligger på så låga nivåer att resp vatten kan betraktas som syrefria, dvs syrehalterna torde vara väl under 5 ppb utom vid spädmatning och andra ingrepp. Dessa låga nivåer tolkas som att korrosionen i näten är av försumbar omfattning, vilket stämmer väl överens med resultaten från mätningarna med korrosionskuponger.

Vid temperaturer över 70 °C indikerar korrosionsmätsonden en ökning av syreinläckaget. Vid temperaturer upp mot 80 °C antyder resultaten att korrosionshastigheten är fördubblad i jämförelse med då temperaturen understiger 70 °C.

Vattenanalyserna visar ett något lågt pH-värde i Landskronanätet, vilket dock är rimligt då uppfyllning skett kort tid före provtagning, i övrigt visar analyserna normala värden.

8 Slutsatser

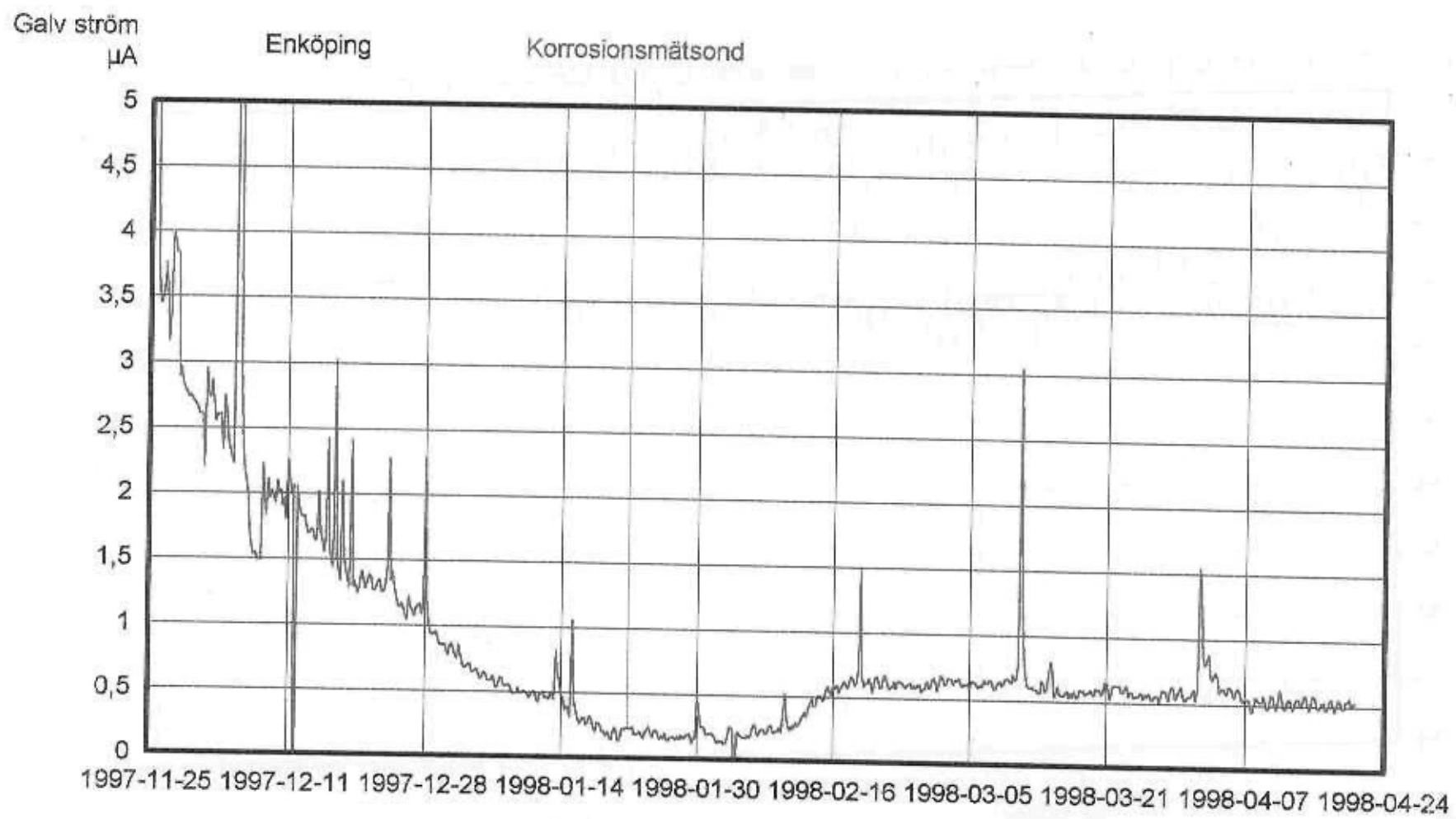
- Korrosionshastigheterna är mycket låga och väl i nivå med vad som normalt uppmäts i väl fungerande fjärrvärmenät med enbart stålrör.
- Efter tre års mätningar finns inga indikationer på att diffusionsspärren har försämrats pga åldring.
- Syreinläckaget ökar på ett signifikant sätt vid temperaturer över 70 °C. Mätresultaten indikerar att korrosionshastigheten närmast fördubblas då temperaturen ökar från 70 till 80 °C
- Då det ej kan uteslutas att åldring och försämring av diffusionsspärren kan komma ske i framtiden vid aktuella drifttemperaturer bör korrosionshastigheten följas även framöver. Först när det har visats att diffusionsspärren har minst samma livslängd som övriga delar i nätet kan PEX-rörstekniken betraktas som ett fullgott alternativ till metallrör.

Tabell 1 - Exponerade korrosionskuponger.

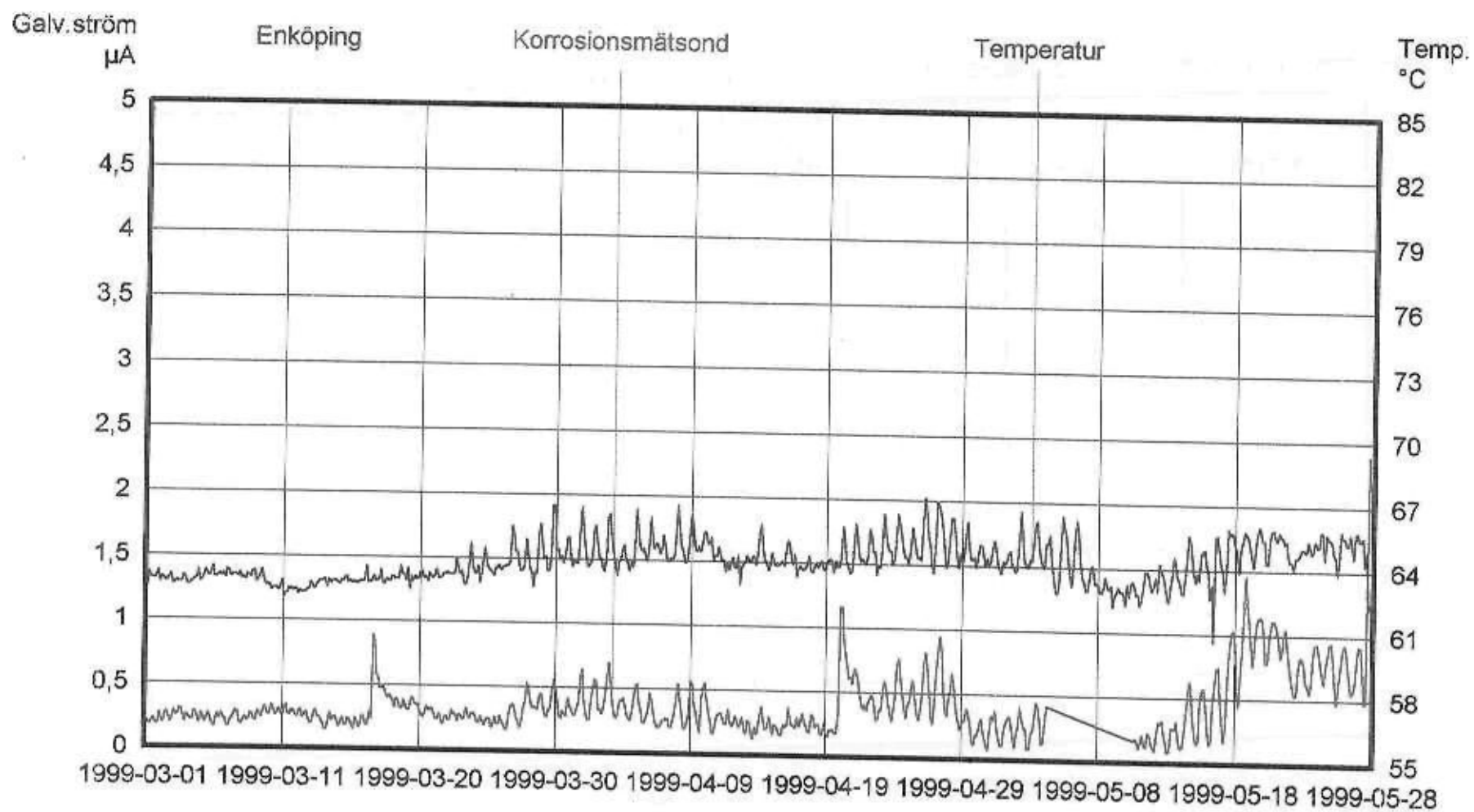
Period	Exp.tid dagar	Antal kuponger	Korrosions- hastighet $\mu\text{m}/\text{år}$	Utseende
Enköping				
971125- 980210	77	1	1,2	Inga korr.angrepp, magnetit
971125- 990528	549	2	1,6	Inga korr.angrepp, magnetit
990528- 001115	538	3	0,43	Inga korr.angrepp, magnetit
Landskrona, panncentr.				
980216- 980508	81	3	2,3	Små punktangrepp, ngt tjock och porös beläggning av magnetit
Landskrona, mätpkt. kund				
980216- 980508	81	2	0,9	Inga korr.angrepp, magnetit

Tabell 2 - vattenanalyser

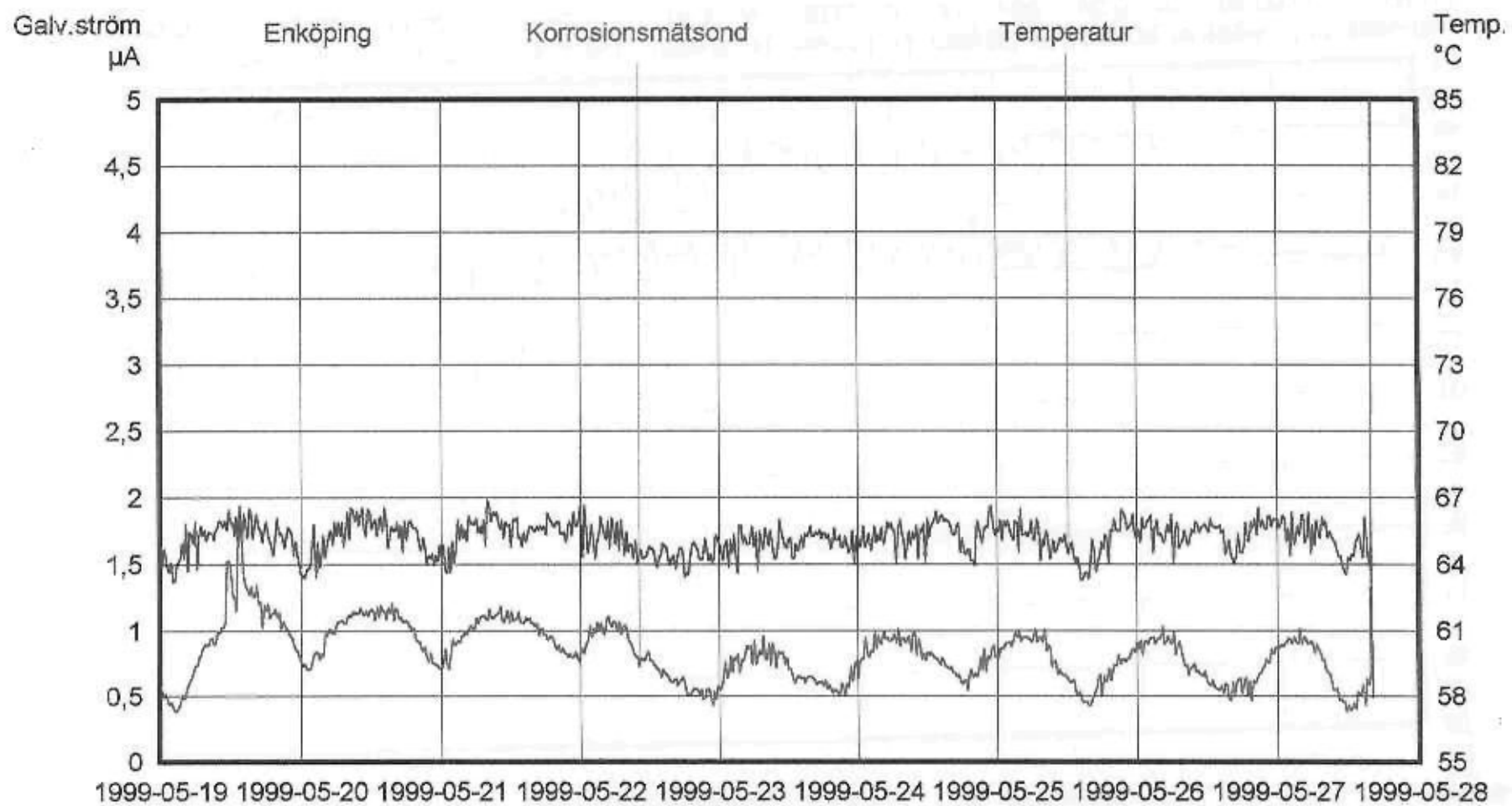
	Enköping	Landskrona
pH	9,6	8,8
hårdhet $^{\circ}\text{dH}$	< 0,1	< 0,1
järnhalt mg/l	< 0,05	< 0,05
färg	klart	klart



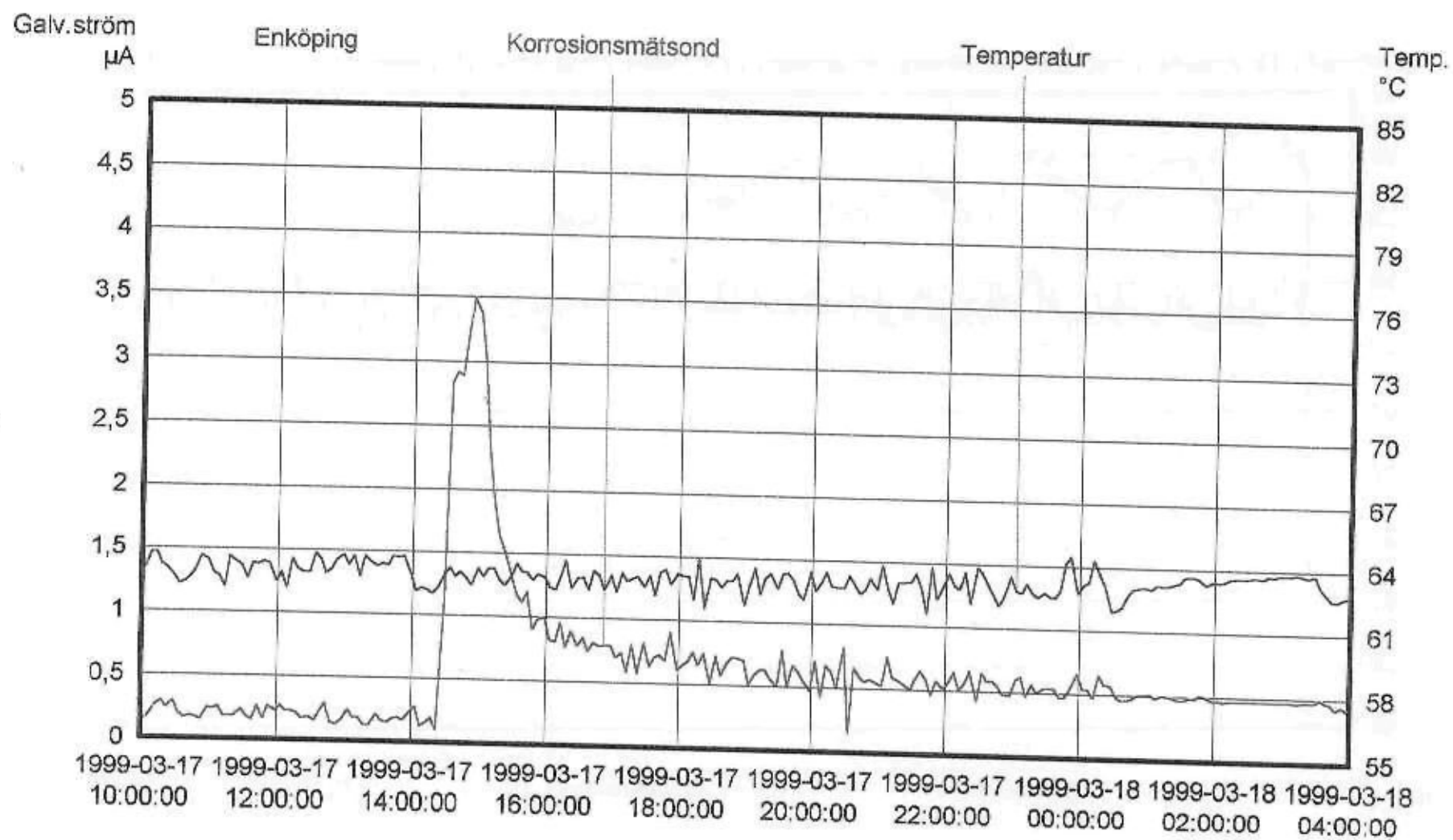
Figur 1



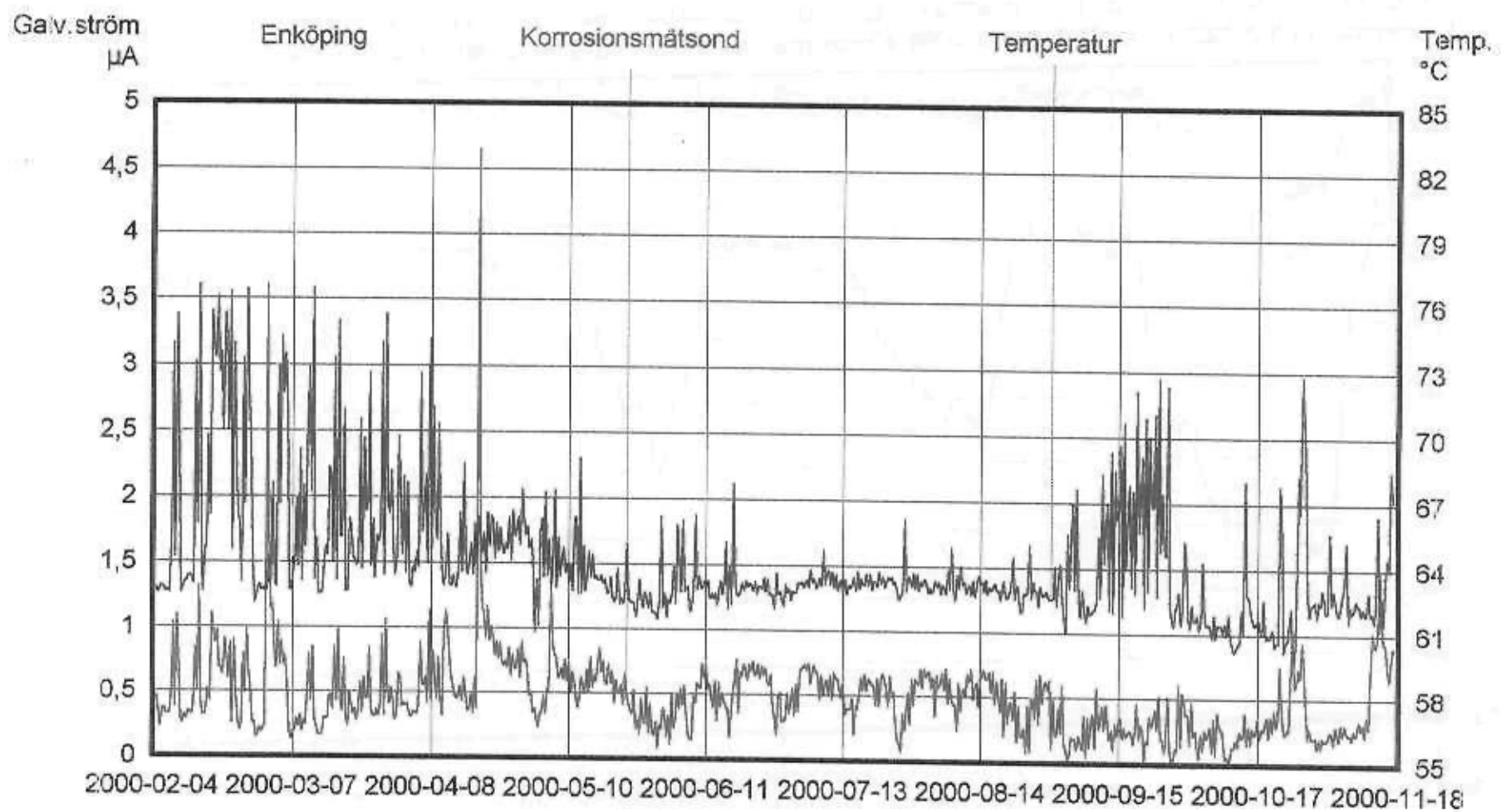
Figur 2



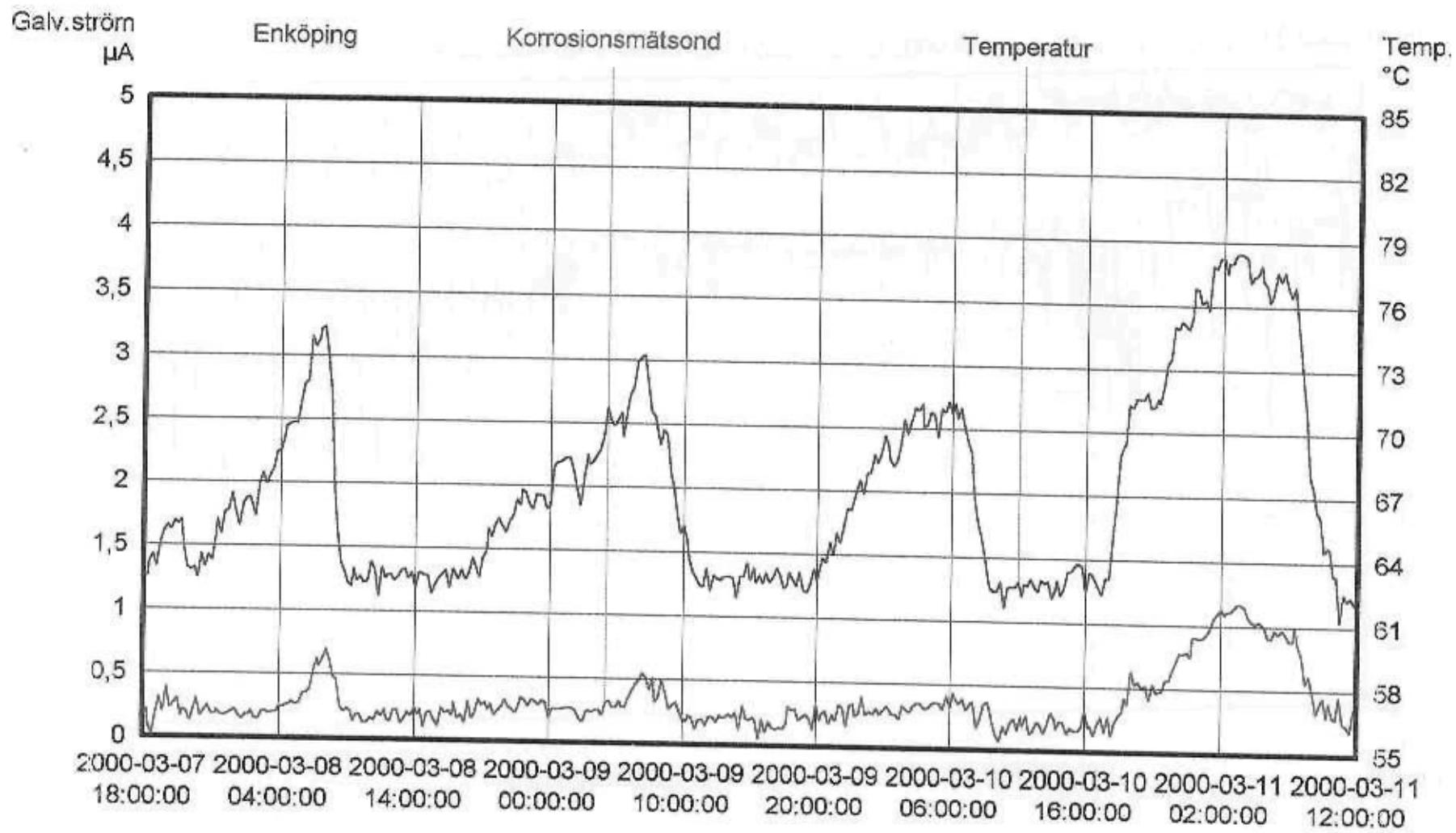
Figur 3



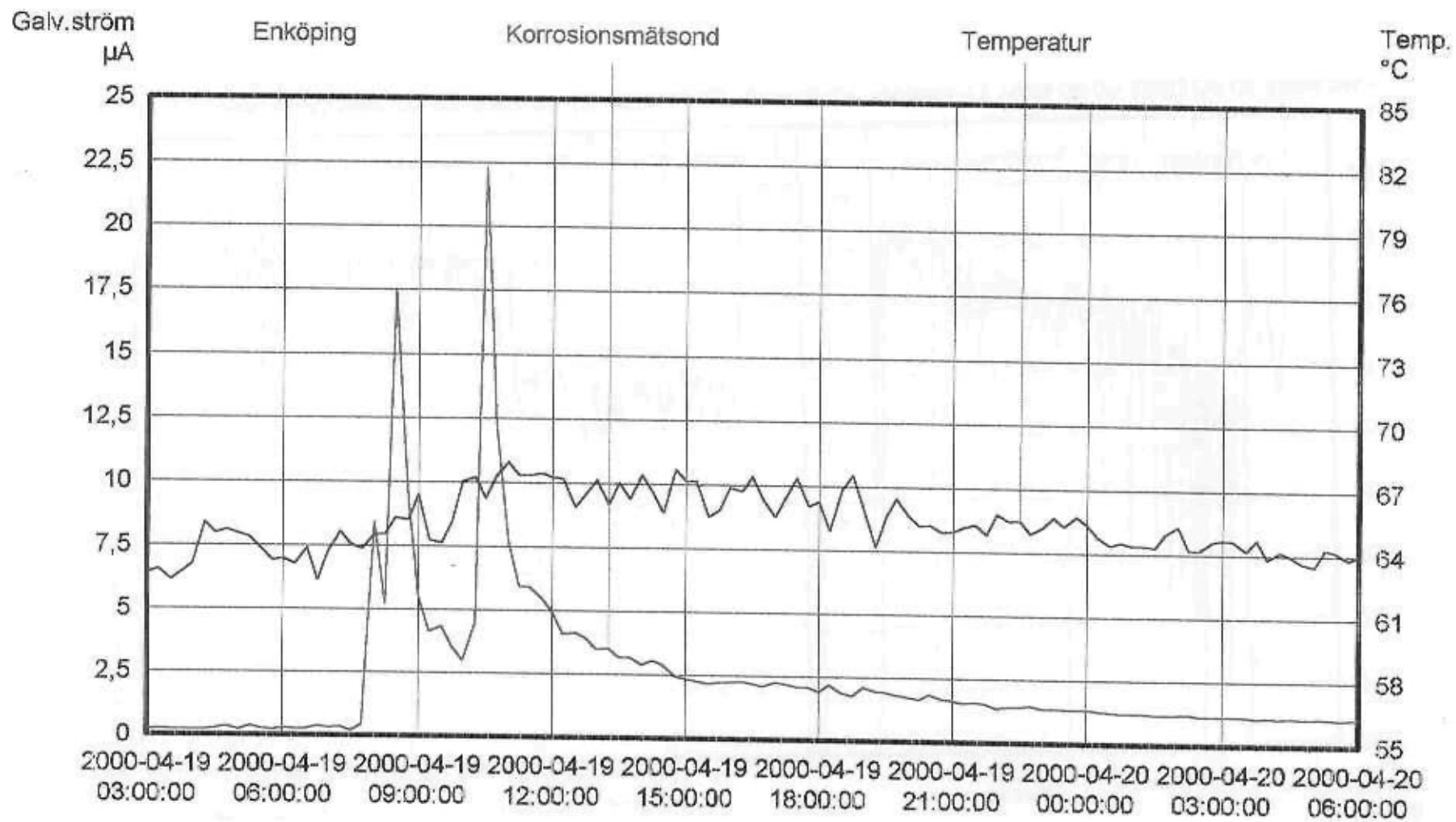
Figur 4



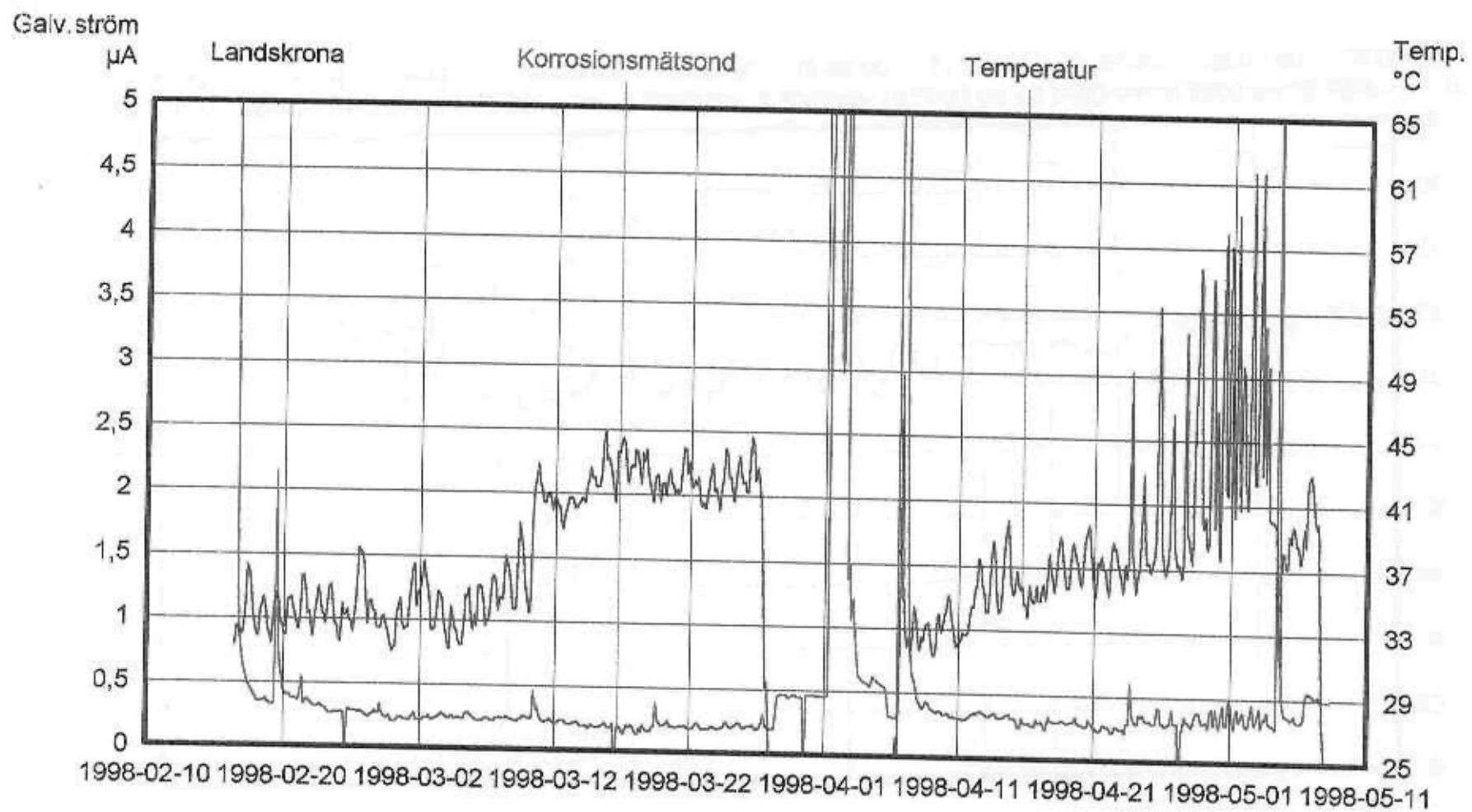
Figur 5



Figur 6



Figur 7



Figur 8

Exponering av korrosionskuponger.

Genom att exponera korrosionskuponger kan man få information dels om korrosionshastighet, dels om i vilken form korrosionen förekommer, dvs som allmän eller lokal korrosion.

För mätningarna används plåtar av kolstål med dimension 100 x 12 x 2 mm.

Före mätningen rengörs och avfettas kupongerna. De vägs därefter på 0,1 mg när.

Exponering sker i en kammare med plats för 4 kuponger. Ett delflöde från det studerade hetvattenssystemet passerar kontinuerligt genom kammaren. Genom att ta ut delflödet från trycksidan av befintlig cirkulationspump i nätet och föra tillbaka flödet till sugsidan erhåller man en tämligen enkel installation.

Efter exponeringen betas kupongerna och vägs. Skillnaden i vikt före och efter exponeringen ger den viktförlust ur vilken korrosionshastigheten beräknas. Korrosionshastigheten anges i $\mu\text{m}/\text{år}$ och anges således som allmän korrosion även om korrosionen i verkligheten utgörs av lokala angrepp.

Då man monterar de metallrena kupongerna sker även i icke korrosiva vatten initialt en relativt kraftig, men kortvarig korrosion i samband med uppbyggnad av magnetitfilmen. När denna film har utvecklats sjunker korrosionshastigheten till mycket låga värden. För att kompensera för denna initialkorrosion kan man ta ut en av kupongerna efter t ex en månad medan de övriga exponeras under en längre tid, t ex tre månader eller längre. När alla kuponger är uttagna drar man bort värdet på viktförlusten hos den först uttagna kupongen från viktförlusten för de övriga kupongerna. På detta sätt elimineras inverkan av den initiala korrosionen från den korrosionshastighet som uppmäts på de senare uttagna kupongerna.

Förutom korrosionshastighet kan man genom att studera kupongerna få en uppfattning om vilken korrosionstyp som förekommer i det studerade nätet. Korrosionsangreppen indelas i typerna allmän korrosion, punktfrätning och spaltkorrosion. Förutom korrosionsangrepp bedöms också förekomst av beläggningar på kupongerna.

Som framgår av tabellen nedan finns vanligtvis en viss korrelation mellan korrosionshastighet, korrosionstyp och förekomst av beläggningar.

För bedömning av korrosionen i hetvattensystem används en tre-gradig skala:

Korrosionsgrad	Korrosionshastighet $\mu\text{m}/\text{år}$	Normalt utseende på korrosionskupong
1	$< 10 \mu\text{m}/\text{år}$	Allmän korrosion, tunn och tät magnetitfilm
2	10 - 30	Allmän korrosion och ev inslag spalt- och punktfrätning
3	> 30	Spalt- och punktfrätning ofta en tjock och porös magnetitbeläggning

Korrosionsmätsond.

Korrosionsmätsonden är ett instrument för kontinuerlig övervakning av korrosiviteten i slutna vattensystem och används i bl a matarvatten-, kondensat- fjärrvärme- och fjärrkylasystem. Utformningen framgår av nedanstående figur.

Korrosionsmätsonden används bl a för att

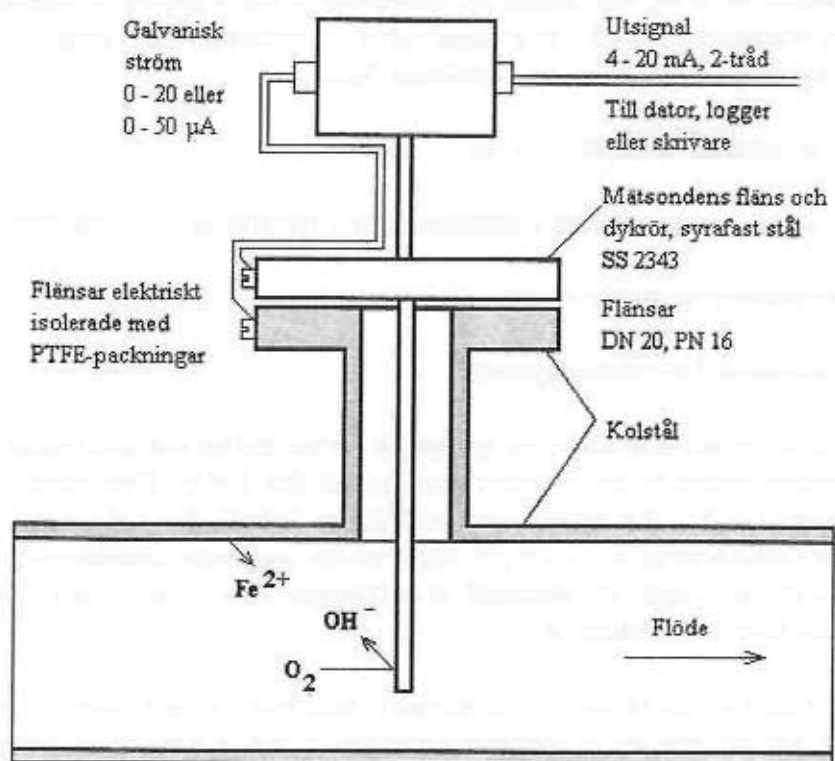
- indikera ev läckor i värmeväxlare i kundcentraler i fjärrvärme- och fjärrkylanät.
- kontrollera avgasning av matarvatten.
- indikera ev inläckage i kondensatsystem.

Mätprincipen innebär att man mäter en galvanisk ström mellan två elektroder. Den ädlare elektroden katoden utgörs av ett dykrör i syrafast stål (SS 2343). Den oädlare elektroden, anoden utgörs av ytan hos den rörledning, normalt av kolstål, där mätsonden är monterad. Mellan de båda elektroderna flyter en galvanisk ström som mäts kontinuerligt och mätvärdet tas ut som en 4-20 mA-signal till exempelvis datalogger eller processdator. Mätsignalen presenteras normalt som en trendkurva.

Styrkan hos den galvaniska strömmen är proportionell mot vattnets korrosivitet. Om vattnet är alkaliskt och har en syrehalt av storleksordningen någon ppb kommer den galvaniska strömmen att vara $< 1 \mu\text{A}$. Med ökande syrehalt ökar den galvaniska strömmen. Mätsonden reagerar omedelbart på förhöjda syrehalter i vattnet, dvs så snart syrehaltigt vatten kommer i kontakt med mätsondens dykrör kommer mätsignalen att öka.

Till skillnad från en syremätare reagerar mätsonden på alla förändringar i korrosiviteten. I ett fjärrvärmenät är syrehalten den faktor som påverkar vattnets korrosivitet. I sällsynta fall kan dock pH-värdet sjunka och ge upphov till ökad korrosion, t ex pga sönderfall av inläckande freon.

Det ligger således nära tillhands att jämföra mätsonden med en syremätare då den i praktiken förväntas fylla samma funktion i ett fjärrvärmenät. Man kan se mätsonden som en syremätare med relativ mätskala, dvs den indikerar relativa förändringar i syrehalten. Användningsområdet är därför inte att bestämma den exakta syrehalten utan att indikera när syrehalten avviker från idealvärdet, dvs. så låg syrehalt som möjligt.



Rapportförteckning

Samtliga rapporter kan beställas hos Fjärrvärmeföreningens Förlagsservice.
Telefon: 08 - 677 26 00, Telefax: 026 - 24 90 10

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
FORSKNING OCH UTVECKLING - RAPPORTER			
1	Inventering av skador på befintliga skarvar med CFC-blåsta respektive CFC-fria fogskum	Hans Torstensson	maj-96
2	Tryckväxlare - Status hösten 1995	Bror-Arne Gustafson Lena Olsson	maj-96
3	Bevakning av internationell fjärrvärmeforskning	Sture Andersson Gunnar Nilsson	maj-96
4	Epoxirelining av fjärrvärmerör	Jarl Nilsson	sep-96
5	Effektivisering av konventionella fjärrvärmecentraler (abonmentcentraler)	Lena Råberger Håkan Walletun	okt-96
6	Auktorisation av montörer för montage av skarvhylsor och isolering Former och utvärdering	Lars-Åke Cronholm	okt-96
7	Direkt markförlagda höjar i fjärrvärmeledningar	Jan Molin Gunnar Bergström	dec-96
8	Medierör av plast i fjärrvärmesystem	Håkan Walletun Heimo Zinko	dec-96
9	Metodutveckling för mätning av värmekonduktiviteten i kulvertisoler- ring av polyuretanskum	Lars-Åke Cronholm Hans Torstensson	dec-96
10	Dynamiska värmelaster från fiktiva värmebehov	Sven Werner	mars-97
11	Torkning av tvätt i fastighetstvättstugor med fjärrvärme	H. Andersson J. Ahlgren	maj-99
12	Omgivningsförhållandenas betydelse vid val av strategi för ombyggnad och underhåll av fjärrvärmenät. Insamlingsfasen	Sture Andersson Jan Molin Carmen Pletikos	dec-97
13	Svensk statlig fjärrvärmeforskning 1981-1996	Mikael Henriksson Sven Werner	dec-97
14	Korrosionsrisker vid användning av stål- och plaströr i fjärrvärmesys- tem - en litteraturstudie	Peeter Tarkpea	dec-97
15	Värme- och masstransport i mantelrör till ledningar för fjärrkyla och fjärrvärme	Daniel Eriksson Bengt Sundén	dec-97
16	Utvärdering av fuktinträngning och gasdiffusion hos gamla kulvertrör "Hisings-Backa"	Ulf Jarfelt	dec-97
17	Kulvertförläggning med befintliga massor	Jan Molin Gunnar Bergström Stefan Nilsson	dec-97
18	Värmeåtervinning och produktion av frikyla - två sätt att öka markna- den för fjärrvärmedrivna absorptionskylmaskiner	Peter Margen	dec-97

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
19	Projekt och Resultat 1994-1997	Anders Tvärne	mars-98
20	Analys av befintliga fjärrkylakunders kylbehov	Stefan Aronsson Per-Erik Nilsson	mars-98
21	Statusrapport Trycklösa Hetvattenackumulatorer	Mats Lindberg Leif Breitholtz	maj-98
22	Round Robin test av isolerförmågan hos fjärrvärmerör	Ulf Jarfelt	maj-98
23	Mätvärdesinsamling från inspektionsbrunnar i fjärrvärmesystem	Håkan Walletun	juni-98
24	Fjärrvärmerörens isolertekniska långtidsegenskaper	Ulf Jarfelt Olle Ramnäs	juni-98
25	Termisk undersökning av koppling av köldbärarkretsar till fjärrkylanät	Erik Jonson	juni-98
26	Reparation utan uppgrävning av skarvar på fjärrvärmerör	Jarl Nilsson Tommy Gudmundson	juni-98
27	Effektivisering av fjärrvärmecentraler – metodik, nyckeltal och användning av driftövervakningssystem	Håkan Walletun	apr-99
28	Fjärrkyla. Teknik och kunskapsläge 1998	Paul Westin	juli-98
29	Fjärrkyla – systemstudie	Martin Forsén Per-Åke Franck Mari Gustafsson Per-Erik Nilsson	juli-98
30	Nya material för fjärrvärmerör. Förstudie/litteraturstudie	Jan Ahlgren Linda Berlin Morgan Fröling Magdalena Svanström	dec-98
31	Optimalt val av värmemätarens flödesgivare	Janusz Wollerstrand	maj-99
32	Miljöanpassning/återanvändning av polyuretanisolerade fjärrvärmerör	Morgan Fröling	dec-98
33	Övervakning av fjärrvärmenät med fiberoptik	Marja Englund	maj-99
34	Undersökning av golvvärmesystem med PEX-rör	Lars Ehrlén	apr-99
35	Undersökning av funktionen hos tillsatser för fjärrvärmevatten	Tuija Kaunisto Leena Carpen	maj-99
36	Kartläggning av utvecklingsläget för ultraljudsmätare	Jerker Delsing	nov-99
37	Förbättring av fjärrvärmecentraler med sekundärnät	Lennart Eriksson Håkan Walletun	maj-99
38	Ändgavlar på fjärrvärmerör	Gunnar Bergström Stefan Nilsson	sept-99
39	Användning av lågtemperaturfjärrvärme	Lennart Eriksson Jochen Dahm Heimo Zinko	sept-99

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
40	Tätning av skarvar i fjärrvärmerör med hjälp av material som sväller i kontakt med vatten	Rolf Sjöblom Henrik Bjurström Lars-Åke Cronholm	nov-99
41	Underlag för riskbedömning och val av strategi för underhåll och förnyelse av fjärrvärmeledningar	Sture Andersson Jan Molin Carmen Pletikos	dec-99
42	Metoder att nå lägre returtemperatur med värmeväxlardimensionering och injusteringsmetoder. Tillämpning på två fastigheter i Borås.	Stefan Petersson	mars-00
43	Vidhäftning mellan PUR-isolering och medierör. Har blåstring av medieröret någon effekt?	Ulf Jarfelt	juni-00
44	Mindre lokala produktionscentraler för kyla med optimal värmeåtervinningsgrad i fjärrvärmesystemen	Peter Margen	juni-00
45	Fullskaleförsök med friktionsminskande additiv i Herning, Danmark	Flemming Hammer Martin Hellsten	feb-01
46	Nedbrytningen av syrereducerande medel i fjärrvärmenät	Henrik Bjurström	okt-00
47	Energimarknad i förändring Utveckling, aktörer och strategier	Fredrik Lagergren	nov-00
48	Strömförsörjning till värmemätare	Henrik Bjurström	nov-00
49	Tensider i fjärrkylennät - Förstudie	Marcus Lager	nov-00
50	Svensk sammanfattning av AGFWs slutrapport "Neuartige Wärmeverteilung"	Heimo Zinko	jan-01
51	Vattenläckage genom otät mantelrörsskarv	Gunnar Bergström Stefan Nilsson Sven-Erik Sällberg	jan-01
52	Direktförlagda böjar i fjärrvärmeledningar Påkänningar och skadegränser	Gunnar Bergström Stefan Nilsson	jan-01
53	Korrosionsmätningar i PEX-system i Landskrona och Enköping	Anders Thorén	feb-01

FORSKNING OCH UTVECKLING – ORIENTERING

1	Fjärrkyla: Behov av forskning och utveckling	Sven Werner	jan-98
2	Utvärdering av fjärrkyla i Västerås. Uppföljning av Värmeforsk rapport nr 534. Mätvärdesinsamling för perioden 23/5 – 30/9 1996.	Lars Lindgren Conny Nikolaisen	jan-98
3	Symposium om Fjärrvärmeforskning på Ullinge Wårdshus i Eksjö kommun, 10-11 december 1996	Lennart Thörnqvist	jan-98
4	Utvärdering av fjärrkyla i Västerås. Uppföljning av Värmeforsk rapport nr 534. Mätvärdesinsamling för period 2. 1/1 – 31/12 1997.	Conny Nikolaisen	juli-98
5	Metodutveckling för mätning av värmekonduktiviteten i kulvertisolerad av polyuretanskum	Lars-Åke Cronholm Hans Torstensson	sept-99

Svenska Fjärrvärmeföreningens Service AB och Statens Energi-
myndighet bedriver forskningsprogram inom området fjärrvärme
hetvattenteknik och fjärrkyla.

SVENSKA FJÄRRVÄRMEFÖRENINGENS SERVICE AB

101 53 STOCKHOLM

Besöksadress: Olaf Palmes gata 31, 6 tr

Telefon 08 - 677 25 50, Telefax 08 - 677 25 55

Förlagsservice, beställning av trycksaker:

Telefon 08 - 677 26 00, Telefax 026 - 24 90 10